

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ИНВАРНЫХ СПЛАВОВ С УГЛЕРОДОМ

Углеродистые инварные сплавы Fe-Ni-C и Fe-Ni-Co-C при низком содержании углерода обладают трещиностойкостью и жидкотекучестью на уровне свойств широко известных литейных сталей 50Л, 55Л. При высоком содержании углерода литейные свойства сплавов соответствуют свойствам высоконикелевых марок аустенитных чугунов-ниррезистов, что позволяет получать качественные отливки практически всеми промышленными способами литья.

Инварные углеродсодержащие сплавы активно изучаются и внедряются за рубежом. Известны работы японских специалистов, достигших весьма низких значений температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) при обычных и особенно при повышенных температурах [2, 3].

Основным направлением наших исследований в этой области является разработка сплавов, которые не уступают зарубежным аналогам по уровню инварности, по технологическим, эксплуатационным и физико-механическим свойствам.

В литературе отсутствуют сведения о принципах получения минимальных значений ТКЛР в инварных сплавах, содержащих углерод. Наш подход к решению этого вопроса основан на том, что ТКЛР гетерофазных сплавов подчиняется правилу аддитивности. Реальные отливки из прецизионных сплавов с заданным ТКЛР на основе систем Fe-Ni-C и Fe-Ni-Co-C обладают сложным фазовым составом. Матричная фаза представляет собой раствор углерода в инварном или суперинварном аустените, второй фазой является графит, и в сплавах в той или иной мере могут присутствовать карбидные, оксидные, сульфидные и нитридные включения. Поэтому формула, описывающая зависимость ТКЛР сплава от ТКЛР фазовых составляющих, может быть представлена в виде

$$\alpha = \alpha_m + (\alpha_i - \alpha_m) V_i + \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_m) V_i ,$$

где α , α_m , α_i , α_i – ТКЛР сплава, матрицы, графита и других фаз соответственно; V_i , V_i – объемная доля графита и i -й фазы.

ТКЛР матрицы зависит от химического состава по основным компонентам и примесям. Большое влияние на ТКЛР матрицы оказывает содержание в ней углерода. Важно добиться оптимального соотношения между углеродом, растворенным в инварном аустените, и свободным углеродом, т. е. графитом.

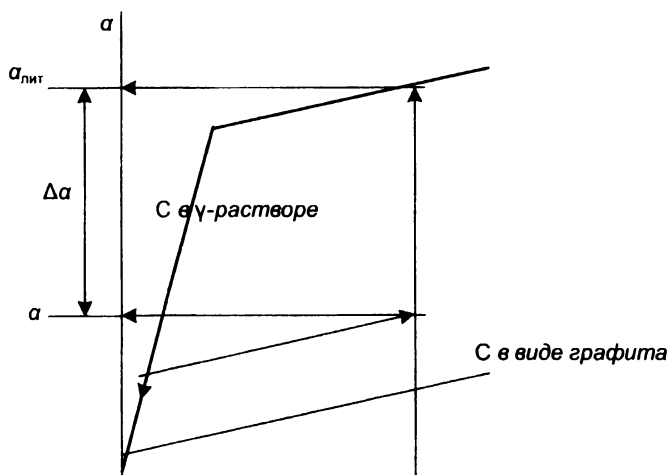
Одним из основных технологических факторов получения низких значений ТКЛР в графитизированных инварных сплавах и инварных чугунах является их термическая обработка. Основываясь на представлении об аддитивности ТКЛР в данных сплавах, мы разработали режимы термообработки (принципиальная схема их выбора представлена ниже на рисунке) и изучили возможность достижения низких значений ТКЛР при повышенных температурах в литейных инварных сплавах (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав сплавов, %

Номер плавки	C	Ni	Co	Mn	Si	PЗМ
48	1,29	29,5	10,0	0,17	0,25	0,25
49	1,08	29,7	10,0	0,32	0,30	—
50	1,67	29,4	10,0	0,26	0,50	0,25
51	1,08	29,4	10,0	0,24	0,60	—

Примечание. Содержание редкоземельных элементов (РЗМ) дано по шихтовке, S и P — менее 0,02%, Fe — остальное.



Графическая модель выбора режима термообработки:

$\alpha_{\text{лит}}$ — ТКЛР после литья; α — ТКЛР после термообработки

Опыты проводили в лабораторных условиях по специально разработанной методике [1]. Результаты измерений ТКЛР исследованных сплавов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерений ТКЛР

Номер плавки	Средний ТКЛР ($10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$) в интервалах температур, °С						
	после литья (20–100)	после термообработки					
		20–100	20–200	20–250	20–300	20–350	20–400
48	6,44	4,02	3,36	3,25	3,36	3,86	5,00
49	7,74	3,76	3,26	3,23	3,44	4,01	5,07
50	5,19	3,60	3,21	3,27	3,61	4,33	5,46
51	7,31	3,79	3,09	3,04	3,23	3,98	5,27

Полученные значения ТКЛР плавок 48 и 49 близки к результатам, полученным С. Эномото [2]. Исследования в целом подтвердили ожидаемую эффективность фактора термообработки и дали материал для дальнейшего улучшения ТКЛР в изучаемых сплавах.

Библиографический список

1. Разработка углеродсодержащих инварных сплавов с заданным тепловым расширением при повышенных температурах / В. И. Черменский, Е. В. Максимова, Т. В. Дмитриева, М. Н. Вершинин // Прогрессивные технологические процессы и подготовка кадров для литейного производства: Материалы регион. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 25 апр. 2002 г. Екатеринбург, 2003. С. 44–46.

2. Эномото С. Железо-никелевые сплавы // J. Jap. Soc. Precis. Eng. 1985. Vol. 51, № 5. P. 942–947.

3. Эномото С. Чугун с низким коэффициентом линейного расширения «нобинайт» // Сокэйдзай. 1988. Т. 29, № 9. С. 16–22.

**В. С. Радя, К. Р. Горбунов, Д. Г. Рябов,
В. А. Воронцова, И. А. Усольцев**

ОПЫТ ЛИТЬЯ ТРУБОПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ ТПХН-60 В НЕСПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ЛИТЕЙНОМ ЦЕХЕ

Остро стоит проблема снижения производственных затрат в связи с постоянным ростом цен на продукцию Кушвинского завода прокатных валков единственного в России их специализированного производителя.